

# 团体标准

## 岩土滑坡绿色防治工程技术规范

### 编制说明

《岩土滑坡绿色防治工程技术规范》小组

二〇二五年五月

# 目 录

一、工作简况 .....	1
二、标准编制原则和主要内容 .....	3
三、主要试验和情况分析 .....	21
四、标准中涉及专利的情况 .....	21
五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况 .....	21
六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系 .....	21
七、重大意见分歧的处理依据和结果 .....	21
八、标准性质的建议说明 .....	21
九、贯彻标准的要求和措施建议 .....	21
十、废止现行相关标准的建议 .....	22
十一、其他应予说明的事项 .....	22

# 《岩土滑坡绿色防治工程技术规范》团体标准

## 编制说明

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

我国山地丘陵区地质环境复杂，极端气候与人为活动叠加导致岩土滑坡灾害频发，传统防治工程多依赖刚性结构或化学固结手段，虽短期见效却易造成生态破坏、水土流失等次生问题。现行技术规范侧重工程安全性与短期稳定性，对绿色防治技术的系统性应用缺乏指导，如生态护坡材料选型、植被-工程协同固坡、低碳施工工艺等关键环节无统一标准。实践中因技术路线碎片化、生态修复与工程加固脱节，部分项目出现防治效能衰减、后期维护成本高甚至生态系统逆向演替，制约了灾害防治与生态安全的协同发展。

《岩土滑坡绿色防治工程技术规范》团体标准的制定，首次将生态优先理念贯穿滑坡防治全流程，通过界定绿色材料性能要求、生态工法适配性评价及全生命周期碳足迹管控，推动防治工程从“被动抵御”向“生态韧性修复”转型。其规范了工程与自然的协同设计原则，可提升滑坡区水土保持能力与生物多样性恢复效率，减少传统工程对地质环境的二次扰动。该标准为行业提供兼具防灾效益与生态价值的技术范式，助力“山水林田湖草沙”系统治理目标落地，对建设人与自然和谐共生的灾害防治体系具有长远意义。

#### （二）编制过程

为使本标准在岩土滑坡绿色防治工程市场管理工作中起到规范信息化管理作用，标准起草工作组力求科学性、可操作性，以科学、谨慎的态度，在对我国现有岩土滑坡绿色防治工程市场相关管理服务体系文件、

模式基础上，经过综合分析、充分验证资料、反复讨论研究和修改，最终确定了本标准的主要内容。

标准起草工作组在标准起草期间主要开展工作情况如下：

## **1、项目立项及理论研究阶段**

标准起草组成立伊始就对国内外岩土滑坡绿色防治工程相关情况进行了深入的调查研究，同时广泛搜集相关标准和国外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，确定了岩土滑坡绿色防治工程市场标准化管理中现存问题，结合现有产品实际应用经验，为标准起草奠定了基础。

标准起草组进一步研究了岩土滑坡绿色防治工程需要具备的特殊条件，明确了技术要求和指标，为标准的具体起草指明了方向。

## **2、标准起草阶段**

在理论研究基础上，起草组在标准编制过程中充分借鉴已有的理论研究和实践成果，基于我国市场行情，经过数次修订，形成了《岩土滑坡绿色防治工程技术规范》标准草案。

## **3、标准征求意见阶段**

形成标准草案之后，起草组召开了多次专家研讨会，从标准框架、标准起草等角度广泛征求多方意见，从理论完善和实践应用多方面提升标准的适用性和实用性。经过理论研究和方法验证，起草组形成了《岩土滑坡绿色防治工程技术规范》（征求意见稿）。

### **（三）主要起草单位及起草人所做的工作**

#### **1、主要起草单位**

协会、企业等多家单位的专家成立了规范起草小组，开展标准的编制工作。

经工作组的不懈努力，在 2025 年 5 月，完成了标准征求意见稿的编写工作。

## 2、起草人所做工作

广泛收集相关资料。在广泛调研、查阅和研究国际标准、国家标准、行业标准的基础之上，形成本标准草案稿。

## 二、标准编制原则和主要内容

### （一）标准编制原则

本标准依据相关行业标准，标准编制遵循“前瞻性、实用性、统一性、规范性”的原则，注重标准的可操作性，本标准严格按照《标准化工作指南》和 GB/T 1.1《标准化工作导则 第一部分：标准的结构和编写》的要求进行编制。标准文本的编排采用中国标准编写模板 TCS 2009 版进行排版，确保标准文本的规范性。

### （二）标准主要技术内容

本标准报批稿包括 10 个部分，主要内容如下：

#### 1 范围

本文件规定了岩土滑坡绿色防治工程的术语和定义、基本规定、勘察与评估、绿色防治设计、材料与设备、绿色施工、监测与预警、验收与运维。

本文件适用于岩土滑坡绿色防治工程。

#### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8978 污水综合排放标准

## GB/T 50123 土工试验方法标准

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

生态工法 *ecological engineering method*

采用植被、生物材料及自然过程恢复坡体稳定性的工程技术，包括植被固坡、土壤生物工程等方法。

#### 3.2

表土剥离 *topsoil stripping*

施工前将表层富含有机质和种子的土壤剥离、储存并回用的资源保护措施。

### 4 基本规定

#### 4.1 总体要求

4.1.1 滑坡绿色防治工程应遵循“预防为主、防治结合、生态优先”的原则，统筹安全性与生态性目标，优先采用环境扰动小的技术措施。

4.1.2 工程全生命周期内应减少对原生植被的破坏，施工完成后宜恢复或提升区域生态功能。

4.1.3 滑坡风险评估应综合地质条件、气候特征及生态敏感性，划分防治等级并制定差异化技术方案。

#### 4.2 工程等级划分

4.2.1 滑坡防治工程等级应根据潜在危害程度、影响范围及生态修复难度综合确定，可划分为一级、二级、三级。

4.2.2 一级工程应对特大型滑坡或生态敏感区滑坡，防治措施应确保百年一遇工况下的稳定性，并同步实施生态功能重建。

4.2.3 二级工程应对中型滑坡，宜采用生态工法与局部刚性结构结合的

复合型设计。

4.2.4 三级工程应对小型滑坡或低风险区域滑坡，可优先采用植被固坡等自然恢复措施。

### 4.3 技术路线选择

4.3.1 设计应优先选择原位治理技术，避免大规模开挖与填方，减少土石方转运量。

4.3.2 抗滑结构选型宜与生态修复措施协同，刚性结构表面应增设植被攀附条件或生态覆层。

4.3.3 截排水系统应与区域水文循环相协调，雨水宜就地消纳或回补地下水。

### 4.4 生态保护要求

4.4.1 施工前应进行表土剥离与暂存，剥离厚度宜根据植被类型确定，剥离土方利用率不应低于 90%。

4.4.2 边坡植被恢复应选用适应当地气候的乡土物种，植物群落配置宜模拟自然演替规律。

4.4.3 施工便道、弃渣场等临时用地应避让珍稀动植物栖息地，无法避让时应实施生态补偿措施。

### 4.5 资源利用与节能

4.5.1 材料选择应优先采用再生骨料、生物基材料等低碳资源，传统建材使用比例宜控制在 30%以下。

4.5.2 施工机械应满足国三及以上排放标准，高噪声设备使用时间应避开动物繁殖期或夜间。

4.5.3 工程弃渣应分类处理，硬质岩渣可加工为生态砌块，松软土方宜用于地形重塑或复垦。

## 4.6 环境影响控制

4.6.1 施工期扬尘排放浓度应低于  $1.0 \text{ mg/m}^3$ ，作业面喷淋覆盖率不宜小于 80%。

4.6.2 污水应经沉淀、过滤等处理后方可排放，悬浮物浓度不应超过  $50 \text{ mg/L}$ 。

4.6.3 施工结束后应全面清理场地，临时设施拆除率应达 100%，无遗留工程垃圾。

## 4.7 监测与验收

4.7.1 工程应建立稳定性与生态效果双重监测体系，监测周期不宜少于 3 年。

4.7.2 生态修复验收标准应包括植被覆盖率、物种多样性及土壤微生物活性等指标。

4.7.3 工程竣工后应编制生态影响后评估报告，对比分析防治前后的环境变化。

## 4.8 安全管理

4.8.1 施工方案应包含地质灾害应急预案，明确预警阈值与人员撤离路线。

4.8.2 高陡边坡作业应设置防护网与安全监测点，风力大于 6 级时应暂停高空作业。

4.8.3 危险区域应设置警示标识与隔离设施，非施工人员未经许可不得进入。

## 4.9 技术创新与适应性

4.9.1 鼓励采用生物工程技术、生态型新材料等创新手段，技术应用前应通过现场试验验证。

4.9.2 在冻融区、强降雨区等特殊环境，防治措施应进行适应性调整，并注明地域限制条件。

## 5 勘察与评估

### 5.1 勘察范围与内容

5.1.1 滑坡绿色防治工程勘察范围应覆盖滑坡主体及其影响区域，边界外延距离不宜小于潜在滑动面深度的 2 倍。

5.1.2 勘察内容应包括地形地貌、地质构造、岩土性质、水文条件及生态环境要素，重点识别对稳定性与生态恢复有关键影响的因子。

5.1.3 勘察深度应满足防治工程设计需求，对复杂地质区域宜加密勘探点密度。

### 5.2 地质环境调查

5.2.1 应采用钻探、物探及坑槽探等综合手段查明滑动面位置，岩芯采取率应满足岩土分类及强度测试要求。

5.2.2 岩土物理力学参数测试应包含天然状态与饱和状态下的抗剪强度指标，软弱夹层宜单独取样分析。

5.2.3 地下水观测应布设长期监测孔，记录丰水期与枯水期水位变化规律。

### 5.3 水文条件分析

5.3.1 应调查地表径流路径及汇水面积，评估降水入渗对滑坡稳定性的影响。

5.3.2 地下水动态分析应结合地质构造与渗透系数，预测工程截排水措施的效果。

5.3.3 地表水与地下水的水质检测应包含 pH 值、矿物质含量等指标，评估其对生态工法材料的腐蚀性。

## 5.4 生态敏感性评估

5.4.1 应调查滑坡区植被类型、覆盖度及珍稀物种分布，绘制生态敏感区分布图。

5.4.2 土壤生态功能评估应包含有机质含量、微生物活性及重金属污染状况。

5.4.3 动物栖息地影响分析应明确迁徙通道及繁殖期，提出施工避让时段建议。

## 5.5 风险等级划分

5.5.1 滑坡风险等级应根据失稳概率、危害对象及生态修复难度综合判定，可划分为高风险、中风险、低风险三级。

5.5.2 高风险区域应优先采用刚性结构与生态工法结合的防治方案，中低风险区域宜以植被恢复为主。

5.5.3 生态修复难度应考虑土壤流失率、植被自然恢复潜力及人工干预成本。

## 5.6 数据采集与处理

5.6.1 勘察数据采集应使用经计量认证的仪器设备，原始记录应现场复核并签字确认。

5.6.2 地质模型构建宜采用三维数字化技术，滑动面空间形态应可视化表达。

5.6.3 生态数据应与地质数据融合分析，识别生态保护与工程安全的协同优化路径。

## 5.7 勘察报告编制

5.7.1 报告内容应包含区域地质条件、滑坡成因机制、稳定性评价及生态敏感性结论。

5.7.2 防治工程建议应明确技术路线比选方案，提出生态工法适用性分析。

## 5.8 现场勘察环境保护

5.8.1 勘探设备进场路线应避让生态脆弱区，临时便道宽度宜控制在 3 m 以内。

5.8.2 钻探岩芯及开挖土石方应集中堆放，完工后应恢复地表植被。

5.8.3 野外作业产生的废弃物应分类收集，运至指定场所处理。

## 5.9 不确定性管理

5.9.1 应评估地质参数与生态数据的不确定性，提出设计安全系数调整建议。

5.9.2 对存疑地质界面宜补充勘察或采用保守设计参数。

5.9.3 生态恢复效果预测应考虑气候波动与物种竞争等动态因素。

## 5.10 多学科协同评估

5.10.1 勘察团队应包含地质、水文、生态专业技术人员，实行联合踏勘与会商制度。

5.10.2 宜采用 GIS 平台集成多源数据，实现地质风险与生态价值的空间叠加分析。

5.10.3 评估结论应明确工程措施的生态正负效应，提出最小化环境损害的优化建议。

# 6 绿色防治设计

## 6.1 设计原则

6.1.1 滑坡防治设计应遵循“安全为本、生态为基、资源节约”的核心理念，优先采用环境友好型工程技术。

6.1.2 工程设计应与自然地形地貌相协调，减少人工痕迹，保留或修复

原有生态廊道。

6.1.3 应优先利用本地材料与植被资源，降低运输能耗及外来物种入侵风险。

## 6.2 生态工法应用

### 6.2.1 植被固坡设计

6.2.1.1 植物种类应选择耐旱、耐贫瘠的乡土物种，群落配置应模拟自然植被垂直结构。

6.2.1.2 种植密度宜根据根系抗剪强度及土壤条件计算，初期可辅以生物可降解护坡网。

### 6.2.2 生态型支挡结构

6.2.2.1 格宾网、石笼挡墙等柔性结构空隙内应填充腐殖土并植入先锋植物。

6.2.2.2 混凝土结构表面宜采用多孔设计，为苔藓、地衣等附生生物提供生长条件。

### 6.2.3 土壤生物工程

6.2.3.1 土壤改良应添加有机质与微生物菌剂，提升抗侵蚀能力与植被成活率。

6.2.3.2 坡面可采用秸秆毯、椰纤维毯等覆盖材料，避免表土流失。

## 6.3 材料选择与利用

6.3.1 支护结构材料应优先选用再生骨料混凝土、竹木复合材料等低碳建材。

6.3.2 临时工程材料宜采用可重复使用的装配式构件，减少一次性资源消耗。

6.3.3 弃渣应分类处理，硬质岩块可加工为生态砌块，松软土方宜用于

地形重塑。

## 6.4 排水系统设计

6.4.1 地表排水沟宜采用植草沟或卵石铺砌形式，与周边景观融合。

6.4.2 地下排水盲管应包裹透水土工布，出口处可设置生态湿地净化水质。

6.4.3 截水设施应结合地形设置滞渗区，延长径流路径并促进地下水补给。

## 6.5 生物多样性保护设计

6.5.1 施工便道、材料堆场应避让动物迁徙通道，必要时可架设生态廊桥。

6.5.2 植被恢复区应保留部分枯木、石块等微生境，为小型动物提供栖息空间。

6.5.3 边坡坡脚可设置水源洼地，吸引两栖类及昆虫群落栖息。

## 6.6 动态适应性设计

6.6.1 应预留植被自然演替空间，人工干预强度宜随生态恢复进程逐步降低。

6.6.2 抗滑结构设计应考虑根系生长对力学性能的长期影响，预留调整余量。

6.6.3 在冻融、强降雨等特殊气候区，截排水系统应设置可调节阀门或溢流口。

## 6.7 节能与碳减排设计

6.7.1 施工机械选型应满足能效等级要求，燃油设备宜配置尾气净化装置。

6.7.2 照明、监测等辅助设施应采用太阳能或风能供电，独立系统续航

时间不宜少于 72 h。

6.7.3 工程碳排放总量应通过材料替代、工艺优化等措施降低至行业基准值的 80%以下。

## 6.8 智能化监测集成

6.8.1 应布设位移、渗压、植被生长等多参数监测传感器，数据采集频率宜为每日 1 次。

6.8.2 监测系统宜接入物联网平台，实现滑坡稳定性与生态恢复度的实时预警。

6.8.3 数据分析模型应具备自学习功能，可动态优化防治措施维护策略。

## 6.9 设计文件编制

6.9.1 设计说明应包含生态效益专项分析，量化碳固定、水土保持等环境贡献值。

6.9.2 施工图纸应标注生态工法关键节点，明确材料规格与植被管护要求。

6.9.3 应编制绿色施工专篇，规定环境控制指标与资源循环利用方案。

## 7 材料与设备

### 7.1 生态型支护材料

7.1.1 格宾网、石笼等柔性结构填充料宜采用天然石块或再生骨料，孔隙率应满足植物根系生长需求。

7.1.2 生态混凝土骨料中再生材料掺量不宜低于 30%，抗压强度等级应满足设计要求。

7.1.3 竹木复合材料应进行防腐防虫处理，户外使用寿命不应少于 10 年。

### 7.2 植被恢复材料

7.2.1 植生基材应包含有机质、保水剂及缓释肥料，pH 值宜控制在 6.0~7.5 范围内。

7.2.2 生态护坡网宜选用椰纤维或秸秆编织材料，自然降解周期不应超过 3 年。

7.2.3 种子混合物中乡土植物比例不应低于 80%，发芽率应通过实验室试验验证。

### 7.3 排水与防渗材料

7.3.1 透水盲管应选用高密度聚乙烯材质，开孔率不宜小于 15%，外包透水土工布。

7.3.2 防水毯宜采用膨润土复合型材料，渗透系数应小于  $1 \times 10^{-11}$  m/s。

7.3.3 截水沟衬砌材料可选用透水混凝土或生态砌块，表面糙率系数应满足消能要求。

### 7.4 施工设备要求

7.4.1 钻孔机械应配备除尘降噪装置，作业时噪声值不应超过 75 dB(A)。

7.4.2 边坡整形设备宜选用低接地比压的履带式机械，减少对表土的压实破坏。

7.4.3 喷播机组应具备混合物料均匀性监测功能，喷播厚度偏差不宜超过  $\pm 10\%$ 。

### 7.5 检测仪器配置

7.5.1 岩土力学参数测试设备应满足 GB/T 50123 精度要求，定期校准周期不应超过 1 年。

7.5.2 植被监测仪宜集成叶绿素含量、土壤湿度等多参数传感功能，数据存储容量不应低于 30 天。

7.5.3 空气质量检测仪应能实时监测 PM<sub>2.5</sub>、VOCs 等指标，采样频率

不宜低于 1 次/h。

## 7.6 材料运输与存储

7.6.1 危险化学品运输应取得许可证，装卸过程应防止泄漏污染周边环境。

7.6.2 易潮解材料应存放于干燥通风库房，相对湿度宜控制在 40%~60% 范围内。

7.6.3 现场材料堆高不应超过包装标识限值，边坡材料堆放倾角不宜大于 30°。

## 7.7 设备维护管理

7.7.1 施工机械应每日检查燃油泄漏与尾气排放，超标设备应立即停用维修。

7.7.2 监测仪器应每季度进行灵敏度标定，标定记录需存档备查。

7.7.3 备用零部件库存量应覆盖常见故障类型，关键部件缺货率不宜超过 5%。

## 7.8 废弃物处理设备

7.8.1 建筑垃圾破碎机处理能力应匹配工程规模，骨料再生利用率不宜低于 60%。

7.8.2 污水净化设备出水水质应达到 GB 8978 的一级指标。

7.8.3 有机废弃物堆肥装置应具备温湿度调控功能，发酵周期宜控制在 20 天~30 天。

## 7.9 创新材料应用

7.9.1 生物基固化剂应通过无毒性检测，抗压强度提升率不宜低于 15%。

7.9.2 微生物改良菌剂应标明适用土壤类型及活性保持期，储存温度宜为 4 °C~10 °C。

7.9.3 新型材料首次使用前应提交省级以上检测机构出具的耐久性试验报告。

## 8 绿色施工

### 8.1 施工准备

8.1.1 施工前应编制绿色施工专项方案，明确生态保护目标、资源节约指标及污染防治措施。

8.1.2 作业人员应接受环保培训，熟悉生态工法操作要点与应急处置流程。

8.1.3 施工机械应完成尾气检测与噪声测试，不符合环保标准的设备不得进场。

### 8.2 表土保护与利用

8.2.1 表土剥离厚度宜根据植被根系深度确定，剥离后应集中堆放并覆盖防尘网。

8.2.2 表土临时堆存坡度不宜大于  $35^{\circ}$ ，周边应设置截水沟防止水土流失。

8.2.3 施工完成后表土回铺率不应低于 90%，回填前应检测土壤肥力并补充有机质。

### 8.3 生态工法施工

8.3.1 植被固坡施工应避开植物休眠期，种植后应及时浇灌定根水。

8.3.2 生态护坡网铺设应紧贴坡面，搭接宽度不宜小于 100 mm，固定锚杆间距应均匀。

8.3.3 喷播植生混合料含水率宜控制在 20%~25%，喷播厚度偏差不得超过设计值的  $\pm 10\%$ 。

### 8.4 材料与资源管理

- 8.4.1 材料运输应优化路径，车辆空载率宜控制在 15%以下。
- 8.4.2 施工废料应分类回收，再生骨料利用率不宜低于 60%。
- 8.4.3 水资源使用应安装计量装置，混凝土养护宜采用滴灌或覆盖保水膜。
- 8.5 污染防治
- 8.5.1 施工现场应设置扬尘监测仪，PM<sub>10</sub>浓度超过 150 μg/m<sup>3</sup>时应启动雾炮降尘。
- 8.5.2 污水应经沉淀池处理，悬浮物浓度达标后方可排入市政管网。
- 8.5.3 危险废弃物应委托有资质单位处置，转移联单保存期限不应少于 5 年。
- 8.6 节能降耗
- 8.6.1 临时用电应采用节能灯具，照明功率密度值不应超过现行标准限值。
- 8.6.2 燃油设备宜加装怠速熄火装置，非作业时段停机率应达 100%。
- 8.6.3 施工营地热水供应宜采用太阳能系统，能源替代率不宜低于 30%。
- 8.7 施工监测与调整
- 8.7.1 应实时监测边坡稳定性，地表位移预警阈值不宜超过设计允许值的 80%。
- 8.7.2 生态恢复效果应每月评估一次，植被覆盖率不足设计值 70%时应补种。
- 8.7.3 施工参数偏离方案时，应组织专家论证并重新审批后实施。
- 8.8 临时设施管理
- 8.8.1 临时占地应优先选择硬化场地或荒地，占用林地、草地应办理行政许可。

8.8.2 施工便道宜采用装配式钢板路面，完工后应拆除并恢复原地貌。

8.8.3 临时工棚应采用可拆卸结构，重复使用率不宜低于 50%。

## 8.9 生态恢复

8.9.1 施工结束后应清理现场，拆除临时设施并修复地表植被。

8.9.2 弃渣场复垦应分层压实并覆盖表土，植被种类宜与周边自然群落一致。

8.9.3 生态敏感区应设置围栏保护，自然恢复期不宜少于 2 年。

## 8.10 安全与应急管理

8.10.1 高边坡作业应设置防护网与安全绳，风力达 6 级以上时应停止露天施工。

8.10.2 应储备生态灾害应急物资，包括防冲刷毯、速生草种及临时排水泵。

8.10.3 每季度应开展滑坡逃生演练，应急响应时间不得超过 30 min。

## 9 监测与预警

### 9.1 监测体系构建

9.1.1 滑坡绿色防治工程应建立全生命周期监测体系，涵盖稳定性、生态恢复及环境影响等多维度指标。

9.1.2 监测点位布设应结合地质条件与防治措施，高风险区域监测密度宜提高至低风险区的 2 倍以上。

9.1.3 监测数据采集频率应根据滑坡活动性动态调整，雨季或施工扰动期可加密至每小时 1 次。

### 9.2 监测参数与设备

#### 9.2.1 稳定性监测

9.2.1.1 应监测地表位移、深部变形及地下水位，位移计精度不宜低于

0.1 mm。

9.2.1.2 抗滑结构应力应变数据应实时采集，异常值超限时应触发预警。

## 9.2.2 生态监测

9.2.2.1 植被覆盖率、生物量及土壤有机质含量宜每季度测定一次。

9.2.2.2 动物活动轨迹监测可采用红外相机，重点保护物种栖息地应长期跟踪。

## 9.2.3 环境监测

施工期应监测扬尘、噪声及水质，运营期重点检测水土流失速率与碳汇量。

## 9.3 预警等级划分

9.3.1 预警等级应根据风险程度划分为红色（I级）、橙色（II级）、黄色（III级），对应不同应急响应机制。

9.3.2 I级预警应在滑坡变形速率超过设计允许值 120%或生态退化面积扩大 30%时启动。

9.3.3 预警信号发布应通过声光报警、短信平台及监测系统界面同步推送。

## 9.4 数据传输与管理

9.4.1 监测数据应通过有线或无线网络实时传输，通信中断时本地存储容量不宜少于 30 天数据量。

9.4.2 数据平台应支持多源信息融合分析，自动生成日报、月报及年度趋势报告。

9.4.3 原始数据与分析结果应分级加密存储，访问权限应按角色分配。

## 9.5 应急响应措施

9.5.1 I级预警启动后应封锁危险区域，疏散人员并启动备用排水系统。

9.5.2 II级预警应加强人工巡查,对变形部位实施临时加固或生态补强。

9.5.3 III级预警可通过调整截排水量或植被管护进行干预,抑制风险发展。

## 9.6 智能监测技术应用

9.6.1 宜采用无人机进行大范围地表巡检,影像分辨率不宜低于 5 cm/像素。

9.6.2 光纤传感技术可用于边坡深层变形监测,空间分辨率应达 1 m。

9.6.3 区块链技术可应用于监测数据存证,确保信息不可篡改。

## 9.7 监测成果应用

9.7.1 监测数据应作为工程后评估依据,用于优化防治方案或调整运维策略。

9.7.2 生态监测结果应指导植被抚育,对恢复滞后区域实施人工辅助措施。

9.7.3 年度监测报告应提交主管部门备案,并作为区域防灾规划的基础资料。

## 9.8 公众参与与信息公开

9.8.1 应通过公共平台发布监测摘要,重点预警信息需通过社区广播传递。

9.8.2 可设立公众观测点,鼓励居民举报地表裂缝、渗水等异常现象。

9.8.3 生态恢复进展宜以可视化图表公示,增强社会监督与环保意识。

## 10 验收与运维

### 10.1 验收程序

10.1.1 工程验收应分为分项验收、综合验收与试运行考核三个阶段,各阶段应形成书面结论。

10.1.2 分项验收应对隐蔽工程、抗滑结构及生态工法逐项核验，不合格项整改率应达 100%。

10.1.3 综合验收应组织设计、施工、监理及环保部门联合参与，重点审核稳定性与生态恢复双目标达标情况。

## 10.2 验收要求

10.2.1 结构稳定性验收应满足设计安全系数，监测数据应覆盖至少一个完整水文年。

10.2.2 生态恢复验收指标应包括植被覆盖率、物种多样性指数及土壤侵蚀模数，宜参照施工前本底值对比提升率。

10.2.3 智能监测系统应通过 72 h 连续运行测试，数据丢包率不得超过 1%。

## 10.3 运维管理

### 10.3.1 日常维护

10.3.1.1 应制定年度维护计划，对排水沟、传感器及植被进行定期检查与清理。

10.3.1.2 抗滑结构表面裂缝宽度超过 2 mm 时应启动专项检测，评估结构安全性。

### 10.3.2 生态维护

10.3.2.1 植被抚育应每季度实施一次，补植苗木成活率不宜低于 85%。

10.3.2.2 土壤肥力监测宜每年开展一次，有机质含量下降超过 15%时应补充改良剂。

### 10.3.3 系统升级

10.3.3.1 监测设备软硬件宜每 3 年更新一次，兼容性测试通过后方可接入原系统。

10.3.3.2 新增防治设施应进行稳定性验算，避免对既有结构产生附加荷载。

#### 10.4 应急运维

10.4.1 应建立暴雨、地震等极端事件后的快速巡检机制，48 h 内完成初步评估。

10.4.2 灾后生态修复宜采用速生植物临时固坡，同步实施长效治理方案。

10.4.3 备用电源应每月测试一次，满负荷续航时间不得少于 8 h。

### 三、主要试验和情况分析

结合国内外的行业测试标准和企业内部工厂管控的项目进行要求规定和试验验证。

### 四、标准中涉及专利的情况

无

### 五、预期达到的效益（经济、效益、生态等），对产业发展的作用的情况

岩土滑坡绿色防治工程企业规范运营，在国际市场上有机会与其他各国（相关）企业竞争。

### 六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与现行法律、法规和强制性标准没有冲突。

### 七、重大意见分歧的处理依据和结果

标准制定过程中，未出现重大意见分歧。

### 八、标准性质的建议说明

本标准团体标准，供社会各界自愿使用。

### 九、贯彻标准的要求和措施建议

无。

## **十、废止现行相关标准的建议**

本标准为首次发布。

## **十一、其他应予说明的事项**

无。